






**LOW-YTTRIUM ALLOY FOR HIGH-TEMPERATURE SERVICE****Publication number:** JP7278709 (A)**Publication date:** 1995-10-24**Inventor(s):** KENISU HARISU; JIYON EMU ERIDON; SUTEIIBUN ERU SHITSUKENGA**Applicant(s):** CANON MASUKIIGAN CORP**Classification:****- International:** C22C19/03; C22C19/05; C30B11/00; C22C19/03; C22C19/05; C30B11/00; (IPC1-7): C22C19/03**- European:** C22C19/05P6**Application number:** JP19940108929 19940412**Priority number(s):** JP19940108929 19940412; EP19940302454 19940407; US19920977899 19921118; US19920944458 19920914**Also published as:**

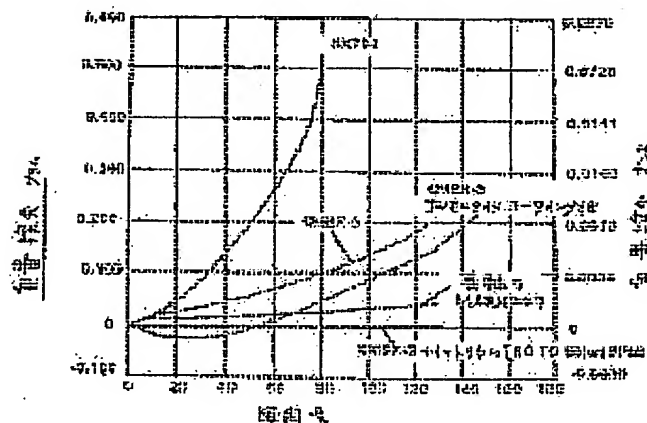
 JP2681749 (B2)  
 EP0676489 (A1)  
 EP0676489 (B1)  
 ES2120569 (T3)  
 DE69412583 (T2)

more &gt;&gt;

Abstract not available for JP 7278709 (A)

Abstract of corresponding document: **EP 0676489 (A1)**

An improved nickel-based single crystal superalloy has both an extremely low sulphur content and a very low content of yttrium (and/or lanthanum or caesium) whereby the amount of yttrium while very low, is sufficient to react with the remaining available sulphur in the alloy and with sulphur from the fuel used in turbine engine operation, such that the very thin, protective scale layer of aluminium oxide formed on the surfaces of the nickel-based alloy parts exposed to the very high temperatures incident in high efficiency turbine turbine engines will afford effective, long-life protection for the surfaces of these engine components, through the virtual elimination of spalling of the aluminium oxide scale during cyclic engine operations.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

D2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-278709

(43) 公開日 平成7年(1995)10月24日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 2 2 C 19/03

H

審査請求 有 請求項の数9 書面 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-108929

(22) 出願日 平成6年(1994)4月12日

(71) 出願人 593153912

キヤノン マスキーガン コーポレイション

アメリカ合衆国 ミシガン州 49443 マ  
スキーガン リンカーン 2875 ビー. オ  
ー. ボックス 506

(72) 発明者 ケニス ハリス

アメリカ合衆国 ミシガン州 49456 ス  
プリング レイク フルーツポート ロー  
ド 18864

(74) 代理人 弁理士 斎藤 秀守 (外2名)

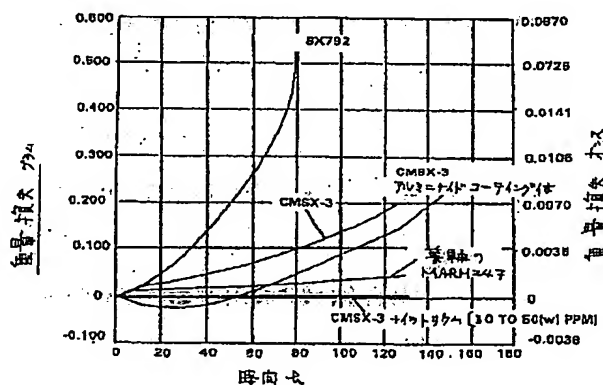
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低イットリウムの高温用合金

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 2100° F迄の運転温度で使用され初期の溶融多孔性のない単結晶のタービンエンジンのブレード、ヴェーン及び燃焼室構成要素を鋳込むための改良されたニッケルベース合金。

【構成】 重量%で、Co: 9.3~10.0、Cr: 6.4~6.6、Mo: 0.5~0.7、W: 6.2~6.6、Ta: 6.3~6.7、Al: 5.45~5.75、Ti: 0.8~1.2、Hf: 0.07~0.12でRe: 2.8~3.2を含有し、ppmで、S: 最大2、P: 最大2で、Y: 5~15で、残量がNiの鋳物である、改良されたニッケルベースの合金。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 2100° F迄の運転温度で使用され初期の溶融多孔性のない単結晶のタービンエンジンのブレード、ヴェーン及び燃焼室構成要素を鑄込むための改良されたニッケルベースの合金において、当該合金は鑄物の中において本質的に下記の元素を、重量比でppmと記載された処を除いて重量パーセントで表示された下記比率で含むことを特徴とする改良されたニッケルベースの合金。

Co 9.3-10.0  
Cr 6.4-6.6  
Mo 0.5-0.7  
W 6.2-6.6  
Ta 6.3-6.7  
Al 5.45-5.75  
Ti 0.8-1.2  
Hf 0.07-0.12  
Re 2.8-3.2  
S 2ppm最大  
P 2ppm最大  
Y 5-15ppm  
Ni 残量

【請求項2】 請求項1に規定されたタービンエンジンのブレード、ヴェーン又は合金の燃焼室構成要素のための単結晶鑄物において、凡ての当該イットリウムは鑄込み前に合金が再熔融された時に合金の中に組込まれていることを特徴とする単結晶鑄物。

【請求項3】 請求項1に規定されたタービンエンジンのブレード、ヴェーン又は合金の燃焼室構成要素のための単結晶鑄物において、当該イットリウムはタービン構成要素温度が2100° F迄の、燃焼ガスに曝される鑄物のこれらの表面にイットリウムの金属イオン注入によって加えられることを特徴とする単結晶鑄物。

【請求項4】 2100° F迄の運転温度で使用され、初期の溶融のない、且つ保持される高温運転の間にその表面に燃焼ガスからの有害な硫黄を獲得することのない単結晶のタービンエンジンのブレード、ヴェーン及び燃焼室構成要素を鑄込むための改良されたニッケルベースの合金において、当該合金は鑄物の中において本質的に下記の元素を、重量比でppmと記載された処を除いて重量パーセントで表示された下記比率で含むことを特徴とする改良されたニッケルベースの合金。

Co 9.3-10.0  
Cr 6.4-6.6  
Mo 0.5-0.7  
W 6.2-6.6  
Ta 6.3-6.7  
Al 5.45-5.75  
Ti 0.8-1.2  
Hf 0.07-0.12

Re 2.8-3.2  
S 2ppm最大  
P 2ppm最大  
Y 5-15ppm  
Ni 残量

【請求項5】 2100° F迄の運転温度で使用され、初期の溶融多孔性のない単結晶のタービンエンジンのブレード、ヴェーン及び燃焼室構成要素を鑄込むための改良されたニッケルベースの超合金において、当該合金は本質的に下記の元素を、重量比でppmと記載された処を除いて重量パーセントで表示された下記比率で含むことを特徴とする改良されたニッケルベースの超合金。

Co 9.3-10.0  
Cr 6.4-6.6  
Mo 0.5-0.7  
W 6.2-6.6  
Ta 6.3-6.7  
Al 5.45-5.75  
Ti 0.8-1.2  
Hf 0.07-0.12  
Re 2.8-3.2  
S 2ppm最大  
P 2ppm最大

La 5-20ppm Ni 残量

【請求項6】 2100° F迄の運転温度で使用され、初期の溶融多孔性のない単結晶のタービンエンジンのブレード、ヴェーン及び燃焼室構成要素を鑄込むための改良されたニッケルベースの超合金において、当該合金は本質的に下記の元素を、重量比でppmと記載された処を除いて重量パーセントで表示された下記比率で含むことを特徴とする改良されたニッケルベースの超合金。

Co 9.3-10.0  
Cr 6.4-6.6  
Mo 0.5-0.7  
W 6.2-6.6  
Ta 6.3-6.7  
Al 5.45-5.75  
Ti 0.8-1.2  
Hf 0.07-0.12

Re 2.8-3.2  
S 2ppm最大  
P 2ppm最大  
Ce 5-20ppm  
Ni 残量

【請求項7】 2100° F迄の運転温度で使用され、初期の溶融多孔性のない単結晶のタービンエンジンのブレード、ヴェーン及び燃焼室構成要素を鑄込むための改良されたニッケルベースの超合金において、当該合金は本質的に下記の元素を、重量比でppmと記載された処を除いて重量パーセントで表示された下記比率で含むこ

10

20

30

40

50

とを特徴とする改良されたニッケルベースの超合金。

Co 9.3-10.0

Cr 6.4-6.6

Mo 0.5-0.7

W 6.2-6.6

Ta 6.3-6.7

Al 5.45-5.75

Ti 0.8-1.2

Hf 0.07-0.12

Re 2.8-3.2

S 2ppm最大

P 2ppm最大

Y+La Y+Laの量はppmにおいて、イットリウムとランタンの原子の数の合計が、若しもイットリウムのみが合金に加えられた時5-15ppmの量のイットリウムの原子の数に等しいようにする。

Ni 残量

【請求項8】 2100° F迄の運転温度で使用され初期の熔融多孔性のない単結晶のタービンエンジンのブレードヴェーン及び燃焼室構成要素を鋳込むための改良されたニッケルベースの超合金において、当該合金は本質的に下記の元素を、重量比でppmと記載された処を除いて重量パーセントで表示された下記比率で含むことを特徴とする改良されたニッケルベースの超合金。

Co 9.3-10.0

Cr 6.4-6.6

Mo 0.5-0.7

W 6.2-6.6

Ta 6.3-6.7

Al 5.45-5.75

Ti 0.8-1.2

Hf 0.07-0.12

Re 2.8-3.2

S 2ppm最大

P 2ppm最大

Y+Ce Y+Ceの量はppmにおいて、イットリウムとセリウムの原子の数の合計が、若しもイットリウムのみが合金に加えられた時5-15ppmの量のイットリウムの原子の数に等しいようにする。

Ni 残量

【請求項9】 2100° F迄の運転温度で使用され、初期の熔融多孔性のない単結晶のタービンエンジンのブレードヴェーン及び燃焼室構成要素を鋳込むための改良されたニッケルベースの合金において、当該合金は鋳物において本質的に下記の元素を重量比でppmと記載された処を除いて重量パーセントで表示された下記比率で含むことを特徴とする改良されたニッケルベースの合金。

Co 9.3-10.0

Cr 6.4-6.6

Mo 0.5-0.7

W 6.2-6.6

Ta 6.3-6.7

Al 5.45-5.75

Ti 0.8-1.2

Hf 0.07-0.12

Re 2.8-3.2

S 2ppm最大

Y 5-15ppm

10 Ni 残量

【発明の詳細な説明】

【0001】本発明は単結晶ニッケルベースの超合金に関し特に非常に硫黄含有量の低い、かくして合金の周期的な高温酸化抵抗を改良するためイットリウム酸硫化物及びイットリウム硫化物のような化学的に安定した化合物を形成するためイットリウムのような硫黄に対する高い親和力を有する元素の追加を本質的に減少することによって特徴付けられるような合金に関する。この問題に対する今迄のアプローチ (approach) はいろいろな理由で有効でなく又実際のでもなかった。

【0002】1つの理由は合金中の利用できる活性硫黄成分を重量 (w) で5-15ppmから約1ppmに効果的に減少させるために相当量のイットリウムが用いられなければならないと言う事実と結びついたイットリウム追加のプロセスのコストの問題であった。更にイットリウムそのものが化学的に非常に反応性の強い元素であって硫黄と積極的に化合するのみならず酸素とも化合して酸化イットリウム及びイットリウム酸硫化物を形成する。これらの酸化物 ( $Y_2O_3$ ) 及び酸硫化物 ( $Y_2O_3S$ ) は単結晶ニッケルベース合金鋳物の中に粒子の欠陥を凝集して鋳物を使用できなくし斯くしてこれを廃棄することを必要とさせ得るものである。更にニッケルイットリウムの共相晶は低い融点をもち、製造中に単結晶要素に適用されることのできる溶液熱処理温度を実質的に減少させるものを形成することができる。これは特に2100° F迄と言う非常に高温の運転環境に曝される航空機のタービンエンジンのエヤーフォイルの場合に特に重要である。限定された溶液熱処理温度は合金強度と相の安定を減少させる結果となり、斯くしてタービンブレードの有効な寿命を実質的に減少させる。

【0003】本発明はタービンブレードチップ (tip) における非常に高い運転温度の条件の下で単結晶合金の周期的酸化抵抗と相の安定の問題に対して、実質的に硫黄を除去し同時に実質的にタービンブレード要素に要求されるイットリウムの量を減少することによって実行できる解決方法を与えるものである。硫黄を完全に除去することは不可能であり且つ同時にイットリウムを完全に除去することも不可能であることが見出された。

【0004】高温において運転する効率のよいガスタービンエンジンに使用するための所望の特性を持つ合金を

開発する努力の中で、キヤノン・マスケゴンの商標CMSX-4の下で販売されている合金は基本的な機能特性を持つものと考えられた。この合金は1987年2月17日に発行された「単結晶技術」と題する米国特許4,643,782号の中に開示されている。この合金は、この開示に規定されている改良された合金の目的である高温のタービンのエヤーフオイルに適用されるとき望ましい多くの特徴を有する。表1から見られるように、特許4,643,782号の合金は他の元素の中で重量20ppm最大の硫黄を含む。又重量30-100ppmのイットリウムが単結晶タービンエヤーフオイル要素の中に含まれて相当に露出した合金の周期的な酸化抵抗を改良する即ち酸化アルミニウムの碎けを減少させるがこれは特に新しいシユラウド (shroud) のないタービンブレードと発散冷却のタービンエヤーフオイルのチップ (tip) 領域に対して重要である。

【0005】硫黄はこの種の高温ニッケルベース合金においては長い間厄介なものとして認められて来た。硫黄はたとえ少量又は微量であっても、2700°F-2850°Fの範囲の温度において合金が溶融又は再溶融される耐熱性ライニング又はるつぽから合金によって得られることができる。これを防ぐために、合金が溶融される耐熱性ライニングは非常に高価な非常に純粋な材料から作られる。この目的でライニングは好ましくは酸化マグネシウムと酸化アルミニウムのスピネル (spinel) 形状の耐火材が利用される真空誘導炉の環境は極めて清潔で本質的に硫黄のないものでなければならない。

【0006】更に合金に用いられる原料を注意深く選択することが、真空誘導炉とポンピングシステムを超清潔に保つことと共にのぞましくない硫黄の追加を避けるために実施される。蒸発のブースターオイルは硫黄を含むので蒸発ブースターオイルが多少なりとも真空ポンプから炉の溶融室又は注入室に逆流することは許されない。合金の製造においては硫黄を極めて低いレベルに保ち、且つ酸素含有量を非常に低く維持するよう注意が払われる。広範囲な研究と溶融の試験の結果硫黄含有量1

(w) ppmのCMSX-4合金を一貫して生産することが可能であることが発見された。これは今や夫々8000ポンドの6回の熱処理 (V8256, V8276, V8277, V8291, V8311及びV8312) によって実施され且つ繰返えされ硫黄を以前の4-6

(w) ppmの範囲から0.8-1.7 (w) ppmの範囲に一貫して減少させその平均を1.0 (w) ppmとした。硫黄の分析に用いられた分析技術は高度分解グロー (glow) 放電質量分光測定法 (GDMS) である。燐が硫黄と類似の有害な役割を演ずるものと仮定される。これらの熱処理品の燐の含有量はGDMSを用いた分析で0.7-1.1 (w) ppmの範囲に減少された。

【0007】實際上殆んど硫黄の問題を除去してしまっ

た後にはイットリウムの問題が残っている。イットリウムを加えることは高温の運転条件の下での周期的な露出合金の酸化を殆んど零にするという劇的な効果をもつ一方で、イットリウムは合金の他の重大な特性に他ののぞましくない効果を及ぼす。イットリウムはずっと低い溶融点を有するニッケルイットリウムとして示される低融点の共晶相を形成し、斯くして全体の合金に対する溶融点を低下させる。斯くして合金の溶融温度は、合金が完全に溶融ことができるのに必要で斯くしてその重要な特性を発達させるのに必要な溶融温度であって、これらはクリープ及び疲労強度と保たれた高温条件下の相の安定性であるが、この溶融温度は付随する穴の形成と過度の残留微少偏析をもった受け入れられない初期の溶融が起るために、達成されることができないと言う点迄減少される。

【0008】イットリウムの高い反応性のために、従来は最終の鋳物にのぞましいと考えられる結果を得るためにこの元素の過度の量を加えることが必要であった。しかしこれはのぞましいアプローチではない。何故ならばイットリウムは非常に反応性に富み、この合金が単結晶で鋳込まれる高い温度においてイットリウムは、受入れられない不良品のエヤーフオイル鋳物を生ずる結果となる、粒子の欠陥を凝集する、再溶融のセラミックるつぽ、シエルモールド及びコアとの反応からのイットリウム酸化物の含有物を容易に形成する。

【0009】上に記述した問題に対する解決策は合金の硫黄含有量を2 (w) ppm以下に制限し、又イットリウムの合金への追加を単結晶鋳物を準備するための真空再溶融の時迄遅らせ且つ大巾に減少させることであることが見出された。他の可能性は、イットリウムを、イオン注入プロセスによって溶液熱処理後に完成された単結晶鋳物に加えることである。イットリウムは、周期的な過渡的なものを含めて効率のよい進んだタービンエンジンの設計において非常に高温に曝される単結晶鋳物のエヤーフオイル表面の中に1000-1200Åの厚さのイットリウムの薄い層を注入するイオン注入法によって加えられることができるのでこのことは可能である。

【0010】イットリウムイオン注入法は極めて薄い場合に於ても高能率のタービンエンジンにおいてタービンブレードのチップの高温酸化破壊を防ぐのに有効であることがテストによって決定された。テストによってタービンブレードの高温領域においてこの非常に薄い保護層が周期的なエンジンの状態の間にアルミナのスケールの剥落を本質的に除去することによって有効にブレードを守り、且つブレードは非常に高温の周期的運転の長い期間に亘って安定した状態に留ることが信頼されることが示された。研究の結果、合金中の硫黄の原子が高温に露出された間にアルミナスケール層とベースの合金の間の高エネルギーの界面に移動しその接着を弱めて周期的なエンジンの状態の間にスケールの剥落に導くことが示さ

れた。イットリウムが存在すると、硫黄を安定した硫化イットリウム ( $YS$ ) 又はイットリウム酸硫化物 ( $Y_2O_3S$ ) として結びつける。この研究においてやむにやまれぬ要素はこれらのエンジン用の合金の温度公差におけるたとえ小さな増加であってもエンジン効率における相当な増加を許すと言う認識である。このことは進歩した軍用機のタービンにおけるよりも明らかなものはどこにもない。殆んど工業用エンジンにおいて、タービンのブレードの寿命は25000から100,000時間であることができる。進歩したエアーラインのタービンエンジンのブレード寿命の目標は5000から20,000時間であり得る。軍用機の進歩した性能のエンジンにおけるブレード寿命は単に2000から2500時間であることもある。

【0011】本発明はイットリウムのレベルを30-100 (w) ppmから約5から15 (w) ppmに単結晶エアーフォイル構成部品の中で減少させることを許す。このことはいくつかの理由で重要である。イットリウムは非常に反応性のある元素である。従って化学的に結合していないイットリウムは粒子の欠陥を凝集する酸化イットリウム及びイットリウム酸硫化物の含有を形成する結果となる重大な問題となり得るものである。粒子境界強化元素であるボロンとカーボン（これらが無いと合金の最初の溶融温度を増加させる）を含まない単結晶超合金は何等の大きな粒子境界強度を有しない。これは又ニッケルと反応して低融点の共晶相を生み、これは合金に斯くしてタービンエンジンの性能に高温強度と相の安定の制限を押しつけるものである。しかし乍ら、3から5 ppm (w) 又はそれ以上の範囲の硫黄の存在は合

金の中のイットリウムの減少を妨げる。何故ならば硫黄の1成分を、イットリウム酸硫化物 ( $Y_2O_3S$ ) の類似の形成に基いて化学的に結合又は接着するために約6成分のイットリウムを必要とするからであります。硫黄は又航空機のタービンエンジンの燃料として用いられる航空機用ケロシンの中にも存在する。燃料からの硫黄は高温のエンジンの運転中にアルミナのスケールの層を通して拡散し、斯くしてこの硫黄を  $Ys$  として結合するために或程度の過剰のイットリウムレベルを必要とする。このバランスに到達することを企図するとき、イットリウムは非常に反応性があるので鋳物に加えられたイットリウムの単に1部でも硫黄に化学的に接着することができることは心に留めておかなければならない。しかし、殆んど硫黄を除去することによって、5-15 ppm以上のイットリウム含有量は不必要とされる。斯くして過剰のイットリウムの問題も又殆んど克服される。このことはイットリウムの酸素を含むセラミック材料との高い反応性のために重要である。高温のアルミナスケールの剥落を起す要素である硫黄を減少させることと、イットリウムの含有量を5-15 ppm (w) と非常に低くすることで、タービンブレードの周期的な酸化は本質的に除去される。更にイットリウムはタービンブレードの表面の完全さを保護する以外に何等機能をもたないので、合金の特徴の多くはこの変更によって有利に影響される。

【0012】本発明は前に示された米国特許4,643,782のCMSX-4に応用することによって最も良く理解され、この組成は次の表の右側に述べられている。

表 1

〔化学組成 重量%又は重量ppm〕

	特許4,643,782	硫黄分の少い 4,643,782 合金	硫黄及びイットリウムの 少い4,643,782 合金
	A	B	C
Co	9.3-10.0	9.3-10.0	9.3-10.0
Cr	6.4-6.6	6.4-6.6	6.4-6.6
Mo	0.5-0.7	0.5-0.7	0.5-0.7
W	6.2-6.6	6.2-6.6	6.2-6.6
Ta	6.3-6.7	6.3-6.7	6.3-6.7
Al	5.45-5.75	5.45-5.75	5.45-5.75
Ti	0.8-1.2	0.8-1.2	0.8-1.2
Hf	0.07-0.12	0.07-0.12	0.07-0.12
Re	2.8-3.2	2.8-3.2	2.8-3.2
Ni	残量	残量	残量
C	60ppm最大	60ppm最大	60ppm最大
Zr	50ppm最大	50ppm最大	50ppm最大
B	30ppm最大	30ppm最大	30ppm最大
S	20ppm最大	2ppm最大	2ppm最大
Si	400ppm最大	400ppm最大	400ppm最大
Y	-	-	5-15ppm

【0013】左側に述べられた組成は当該4,643,782号特許に開示された合金の組成である。この合金は通常5-10ppmの硫黄を含む。中の欄に述べられた合金は、合金中の硫黄が2(w)ppm以下、一般には殆んど1(w)ppmの近くに制限された時の合金の組成である。右側最後の欄に述べられた合金は、B欄の合金が又単に5-15ppmのイットリウムを含むとき生ずる組成である。右側の欄の合金は2(w)ppm以下の非常に低い硫黄の含有量を維持することに依存する。何故ならばこのときのみイットリウム成分を大巾に減少させることができるからである。実質的に硫黄の含有量を減らすことによって合金の中に残っている少しの硫黄の量と燃料からの硫黄と反応して安定した硫化物(Y<sub>2</sub>S)を形成するに必要なものにイットリウムを限定

することができる。

【0014】図面第1図に例示されたように、裸のCMSX-4合金の1100°C(2012°F)におけるバーナー装置の周期的酸化は、CMSX-4の試験用加熱VF-960においてベースの合金の中で硫黄が5ppm(w)から1.2(w)ppmに減少された時改善されることが認められるであらう。これらの結果は、1990年1月23日にDeCrescente其他に発行され且つUnited Technology Corporationに譲渡された米国特許4,89

5,201に開示されたものの中特に第6欄実例IIIに対比される。しかしこの特許の中に記述された作業はCMSX-4合金をカバーしていないことが認められるべきである。しかし硫黄を0.9-1.2ppmに減少させ且つイットリウムを5-15(w)ppmの範囲に減少させることによって、イットリウムが化学的に残っている硫黄と結合していることが見出された。斯くしてこの少量の硫黄であつてもCMSX-4合金の上の酸化アルミニウムのスケールと反応することから妨げられ、斯くしてこの保護的な酸化スケールの剥離と高温の周期的タービン運転の間のタービンプレードのチップ領域の表面の完全さを害することを妨げる。図2は5(w)ppmの硫黄と30-50(w)ppmのイットリウムとを含むCMSX-3単結晶合金の1177°C(2150°F)における動的周期的酸化抵抗の劇的な増加を示している。この時には同様の酸化の改良が、5-10(w)ppmの硫黄を有するベースのCMSX-4合金に比較して、2(w)ppm以下の硫黄と5-15(w)ppmのイットリウムを含むCMSX-4合金において明らかであることが前提となっている。

【0015】前述の説明から単にCMSX4の単結晶合金のタービンエヤーフォイルの中の硫黄を2(w)ppm以下に減少させるのみではタービンプレード鋳物のチップ領域の高温の表面の完全さに対する硫黄の破壊的影響

響の問題を解決しないことが理解されよう。これは限られた量のイットリウムを与えて何等かの残っている硫黄と結合させ、タービンプレードの上の酸化アルミニウムのスケールの層との反応に利用できなくすることによってこれを化学的に中和する追加のステップ (step) である。既に指摘されたように、このことは単結晶鋳物の鋳込みの前の再熔融の間にベースの合金にイットリウムを追加することによって行なわれるか又は燃焼ガス及びベースの合金の両方の中に存在する硫黄と結合するのに役立つ非常に薄いイットリウムの層を、高温の酸化する燃焼ガスに曝される完成された鋳物の表面にイオン移植することによって行われることができる。この発明の結果を得ることはランタン又はセリウムをイットリウムの1部又は全部に単結晶鋳物の中で5-20 ppm

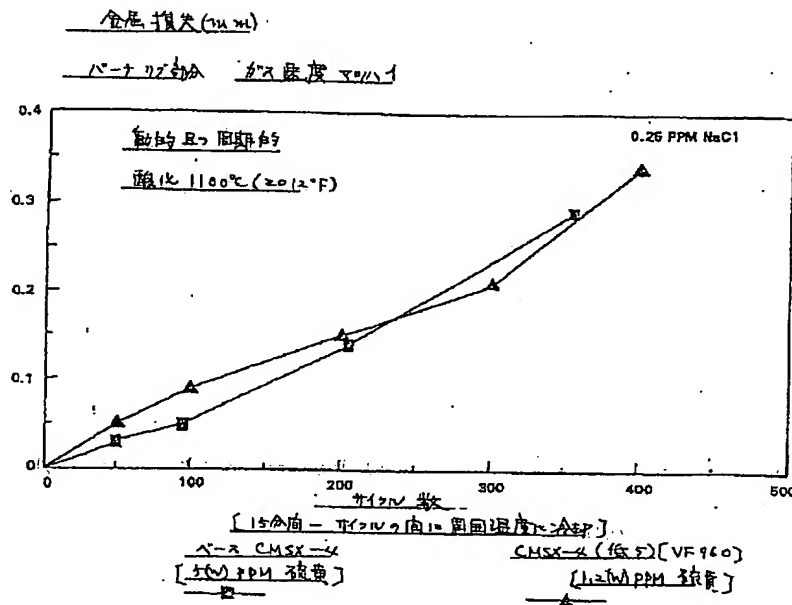
(w) の範囲で置換えることによって可能である。ランタンもセリウムも双方ともイットリウムの\*

\* ように硫黄と酸素と非常に高い親和力を有するので極めて安定した硫化物と酸硫化物を形成する。イットリウムに較べて分子量が高いのでこれらの元素は夫々やや多い量が必要とされる。

【0016】重量比で2 ppmより多くない硫黄成分で重量比5-15 ppmのイットリウムをもつニッケルベースの合金を使用するか又はイットリウムの代りにイットリウムに較べてより高い分子量のために必要とされるイットリウムよりも高い重量比のランタン又はセリウムを使用するかに拘らず、これに曝されたタービンエンジンのブレードヴェーン及び他のエンジン構成要素に対する硫黄の有害な影響の除去は同じである。

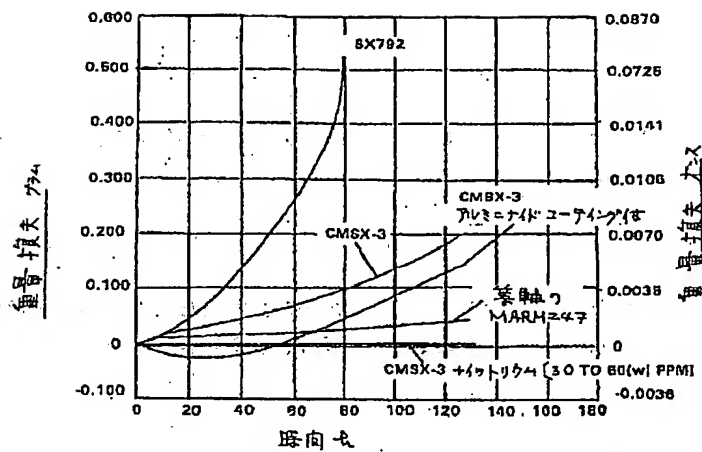
【0017】タービンプレードを保護するために何れの技術が用いられるにせよ、本発明により進歩した高エネルギーのタービンエンジンにおけるタービンプレードの有効な寿命の長さを実質的に延ばすことが理解されよう。

【図1】





【図2】



## 【手続補正書】

【提出日】平成6年8月23日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図面の簡単な説明

【補正方法】追加

【補正内容】

【図面の簡単な説明】

【図1】バーナーリブの中で1100℃(2012° \* 5(W) ppm

\* F) においてマツハ1の速度において、5(W) ppmの硫黄と1.2(W) ppmの硫黄を含むCMSX-4合金のダイナミックなサイクリックな酸化に基く金属の損失のグラフを示す図である。

【図2】1177℃において、イットリウムのある場合とない場合のCMSX-3単一結晶合金のダイナミックなサイクリックの酸化から生ずる金属損失に対する効果のグラフを示す図である。

フロントページの続き

(72)発明者 ジョン エム エリドン  
アメリカ合衆国 ミシガン州 49461 ホ  
ワイトホール キャンターバリー ロード  
4503

(72)発明者 ステイーヴン エル シツケンガ  
アメリカ合衆国 ミシガン州 49445 ノ  
ースマスケゴン ベア レイク ロード  
490